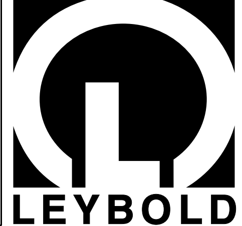
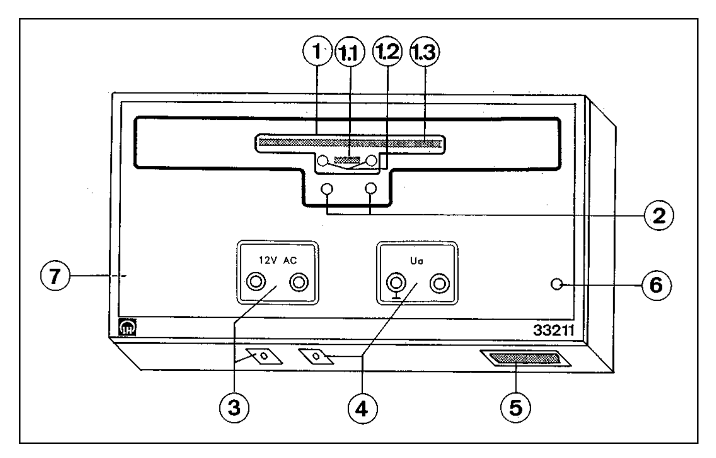


LEYBOLD DIDACTIC GMBH

12/95-Hke-



Mode d'emploi 332 11
Instrucciones de servicio

Détecteur de position à infrarouge
Detector de posición infrarrojo

Fig. 1

Le détecteur de position à infrarouge est un instrument de mesure pour la balance de gravitation (332 101 ou 332 10). Il saisit ses oscillations au passage d'une position de repos à l'autre et les convertit en tensions proportionnelles à l'amplitude. Celles-ci sont soit relevées avec un enregistreur *yt*, soit affichées sur un moniteur et sorties sur imprimante en cas d'utilisation d'un ordinateur.

Principe de mesure:

Quatre diodes à infrarouge (1.1) émettent de la lumière infrarouge projetée par le miroir concave (rayon; 0,70 m) de la balance de gravitation sur une rangée de phototransistors (1.3) juste à côté des diodes émettrices. Un micro-ordinateur de commande enclenchent les diodes à infrarouge l'une après l'autre et définit le phototransistor qui sera éclairé. Un programme d'exploitation calcule alors le point de focalisation de la lumière. Comme l'écartement des diodes à infrarouge est inférieur à celui des phototransistors (comme pour le vernier d'un pied à coulisse), on obtient quand même une résolution de 0,64 mm pour un écartement des phototransistors de 2,54 mm. La totalité de la section mesurée est d'env. 80 mm. Elle est env. 3 fois plus grande que l'écartement des images des deux positions de repos de la balance de gravitation. Le détecteur de positionnement dispose de deux LED particulièrement claires pour les opérations de réglage ainsi que d'une LED rouge et d'une LED verte pour l'ajustage.

1 Remarque de sécurité

- N'appliquer à l'appareil qu'une tension d'alimentation de 12 V en alternatif.
- L'électronique sensible de l'appareil risque d'être affectée par une décharge d'électricité statique (ESD*).
  Mesures à prendre:
  - choisir un lieu d'expérimentation tel qu'aucune charge électrostatique ne puisse être appliquée à l'expérimentateur et au matériel, ou
  - assurer la décharge par ex. à l'aide d'une tige métallique (tige de raccordement no° de cat. 532 16) mise à la terre.

*) ESD = electrostatic discharge

El detector de posición infrarrojo (IRPD) es un instrumento de medición para ser empleado con la balanza de gravitación (332 101 ó 332 10). Este instrumento registra las oscilaciones de la balanza cuando pasa de una a otra posición de reposo y convierte las amplitudes en tensiones proporcionales a las mismas. Estas pueden ser registradas con un registrador *yt* o ser visualizadas en un monitor o impresas en una impresora por medio de un ordenador.

Principio de medición:

Los cuatro diodos IR (1.1) emiten luz infrarroja proyectada sobre una cadena de fototransistores (1.3) localizados directamente al lado de los diodos emisores por medio del espejo cóncavo (de radio: 0,70 m) de la balanza de gravitación. Un microcontrolador conecta los diodos IR, uno tras otro, y determina qué fototransistor ha sido iluminado. Un programa de evaluación se encarga de calcular el centro de gravedad de la iluminación. Como la distancia entre los diodos IR es más pequeña que entre los fototransistores (como el nonio de un pie de rey), se obtiene una resolución de 0,64 mm para una distancia de 2,54 mm entre los fototransistores. La sección de medición es de aprox. 80 mm que es aprox. 3 veces más grande que la distancia entre las imágenes de ambas posiciones de reposo de la balanza de gravitación. El detector de posición infrarrojo IRPD posee dos LEDs superbrillantes, transparentes para el posicionamiento, así como un LED rojo y uno verde para el ajuste.

1 Instrucciones de seguridad

- ¡Operar el aparato sólo con tensiones de 12 ~ !
- Las descargas de electricidad electrostática (ESD*) puede menoscabar la sensible electrónica del aparato.
  Medidas a tomar:
  - elegir un ambiente de experimentación en el que no se produzca el cargado electrostático, ya sea del experimentador, o del aparato, o
  - instalar por ej. una varilla de metal para descarga conectada a tierra (varilla de conexión Cat. No. 532 16).

*) ESD = electrostatic discharge

2 Description, caractéristiques techniques (voir fig. 1)

① Fenêtre de mesure avec LED à infrarouge (1.1) comme émetteur, LED de réglage (1.2) ainsi que 32 phototransistors (1.3) comme récepteurs
② LED rouge et verte, commandées par micro-ordinateur de commande, comme aide pour l'ajustage
③ Raccord pour l'alimentation en tension 12 V~ soit par douilles de 4 mm pour un transformateur 12 V (par ex. 562 73), soit par la douille pour la prise creuse de l'adaptateur secteur enfichable 12 V~ (562 791)
④ Sortie analogique pour le raccordement par ex. d'un enregistreur *ty* par douilles de 4 mm ou par la fiche à cliquet de 3,5 mm
⑤ Raccord série RS232/SubD25 pour la liaison directe avec un ordinateur via FUNCABLE (530 008)
⑥ Bouton-poussoir Reset
⑦ Connecteur mâle à 20 pôles pour des tests réalisés par le fabricant

Au dos de l'appareil, noix pour fixation dans matériel support.

Caractéristiques techniques

Alimentation en tension:	12 V~	
Puissance absorbée:	env. 3 W	
Tension de sortie:	0 V à 2,3 V	Ecart: ±1,5 %
Courant de sortie:	max. 5 mA, résiste aux courts-circuits	
Emetteur:	4 LED à infrarouge	
Récepteur:	32 phototransistors	
Résolution du déplacement:	0,64 mm/18,5 mV ±2%	

Le matériel livré comprend 1 disquette (3,5") pour ordinateur DOS avec informations détaillées et aides de programmation pour le fonctionnement de l'appareil en cas de raccordement direct à l'appareil via la sortie RS232 (voir aussi dernier paragraphe de la section 3.1)

3 Utilisation

3.1 Montage et ajustage

Installer la balance de gravitation et le détecteur de positionnement à infrarouge à 0,70 m l'un de l'autre sur un support à l'abri des secousses, le mieux étant d'utiliser deux cavaliers sur un banc d'optique stable de 1 m de long (par ex. banc d'optique à profil normalisé, 460 32, avec 2 cavaliers, 460 351). Il est bien sûr aussi possible de réaliser un montage mural. Se servir de la fixation au dos du détecteur de positionnement à infrarouge pour fixer celui-ci à une tige courte enfichée soit dans un cavalier sur le banc d'optique, soit dans une noix sur la fixation murale.

- ***Réglage de la distance entre la balance de gravitation et le détecteur de positionnement à infrarouge***

La distance entre le miroir de la balance de gravitation et les phototransistors du détecteur de positionnement à infrarouge doit être de 0,70 m. Choisir pour cela un écartement de 0,67 m entre la plaque en verre avant de la balance de gravitation et la plaque frontale avant du détecteur. Débloquer la balance de gravitation et l'orienter de façon à ce que le système de mesure puisse se déplacer librement.

- ***Projection des LED sur la rangée de phototransistors***

Le détecteur de positionnement à infrarouge est prêt à fonctionner juste après le branchement à la tension (12 V~), par ex. du transformateur 6 V, 12 V, 562 73, ou de l'adaptateur secteur enfichable 12 V~ (562 791).

Placer à vue d'oeil la fenêtre de mesure ① du détecteur de positionnement à infrarouge à la même hauteur que le miroir de la balance de gravitation; brancher le détecteur de positionnement à 12 V~. Les deux LED rouges de réglage (1.2) sont si claires que leur image dans le plan de l'appareil se voit soit sur l'appareil lui-même, soit sur une feuille de papier blanc tenue juste à côté. Si l'image reproduite est à gauche ou à droite de la fenêtre de mesure, la balance de gravitation se met à balancer

2 Descripción y datos técnicos (véase la Fig. 1)

① Ventana de medición con LED infrarrojo (1.1) como emisor, LED de posicionamiento (1.2), así como 32 fototransistores (1.3) como receptores
② LED de ajuste rojo y verde, controlado por microcontrolador
③ Conexión para la alimentación de tensión de 12V~, o bien, a través de clavijeros de 4 mm para un transformador de 12 V (por ej. 562 73), o bien, mediante clavijeros para conector hueco del adaptador de alimentación de 12 V~ (562 791)
④ Salida analógica de por ej. un registrador *yt* a través de clavijeros de 4 mm o de un conector jack de 3,5 mm
⑤ Conexión serial RS232/SubD25 para conectar un ordenador mediante FUNCABLE (530 008)
⑥ Tecla Reset
⑦ Conector múltiple en retícula de 20 polos para fines de prueba del fabricante

En el lado posterior del instrumento se encuentra un manguito para la sujeción al material de soporte.

Datos técnicos

Alimentación de tensión:	12 V~	
Consumo de potencia:	aprox. 3 W	
Tensión de salida:	0 V a 2,3 V	Desviación: ±1.5 %
Corriente de salida:	máx. 5 mA, a prueba de corto circuito	
Emisores:	4 LEDs infrarrojos	
Receptores:	32 fototransistores	
Resolución del desplazamiento:	0.64 mm/18,5 mV ±2%	

En el volumen de suministro está contenido 1 disquete (3,5") para ordenador DOS acompañado de instrucciones detalladas y ayudas de programación para el empleo del aparato conectado directamente a un ordenador a través de una salida RS232 (véase también el último párrafo de la sección 3.1)

3 Uso

3.1 Montaje y ajuste

La balanza de gravitación y el detector de posición IRPD se colocan a una distancia de 0,70 m, de manera óptima con dos jinetillos sobre un banco óptico estable de 1 m de longitud (por ej. banco óptico con perfil normal, 460 32, con 2 jinetillos, 460 351) sobre una base exenta de sacudidas. Por supuesto, también es posible montarlos sobre un soporte de pared. El detector IRPD es sujetado mediante su dispositivo de fijación de la parte trasera a una varilla de soporte corta, la cual se inserta a un jinetillo sobre un banco óptico o a un manguito sobre un soporte de pared.

- ***Ajuste de las distancias entre la balanza de gravitación y el detector IRPD***

La distancia entre le espejo de la balanza de gravitación y los fototransistores del detector IRPD debe ser igual a 0,70 m. Para ello, se elige una distancia igual a 0,67 m entre el vidrio anterior de la balanza de gravitación y la placa frontal anterior del detector IRPD. Luego se desbloquea a la balanza de gravitación y se la orienta de tal manera que el sistema de medición pueda moverse libremente.

- ***Proyección del LED sobre la cadena de fototransistores***

El detector IRPD está listo para operar directamente después de conectar la tensión (12 V~), por ej. de un transformador de 6 V, 12 V, 562 73, ó del adaptador de alimentación de 12 V~ (562 791).

La ventana de medición ① del IRPD deberá tener aproximadamente la misma altura que el espejo de la balanza de gravitación; conectar al IRPD a una tensión de 12 V~. Ambos LEDs de ajuste (1.2) iluminarán de forma tan brillante que su imagen en el espejo será visible en el plano del dispositivo, o bien, en el mismo dispositivo, o bien, sobre una hoja de papel blanco mantenida al lado de éste. Si la imagen se encuentra a la izquierda o a la derecha, al lado de la ventana de medición, hacer oscilar

lentement pour que la plaque frontale soit recouverte par l'image projetée des LED claires. Si l'image projetée est au-dessus ou au-dessous de la fenêtre de mesure, elle est alors projetée au milieu de la fenêtre par déplacement vers le haut ou vers le bas du détecteur de positionnement à infrarouge. Il faut veiller à ce que la rangée de transistors soit bien dans le plan recouvert par le miroir. Il n'y a que comme ça que tous les phototransistors peuvent être efficaces. Les LED ② verte et rouge servent à l'ajustage de précision de la hauteur; elles s'allument ou s'éteignent en fonction de l'éclairement des phototransistors. En voici la signification:

Vacillement de la LED rouge:	Eclairage/ajustage suffisant
Vacillement de la LED verte:	Eclairage/bon ajustage

à condition que la rangée de transistors soit dans le plan recouvert par le miroir.

- Réglage de la balance de gravitation

- La balance de gravitation doit être ajustée de façon à ce que le miroir éclaire à peu près au milieu de la fenêtre de mesure sans qu'il n'y ait de force exercée par les grandes sphères en plomb, le détecteur de position à infrarouge étant en position de repos. Ce réglage n'est à réaliser qu'une seule fois vu que la position de repos se maintient après un blocage de la balance de gravitation. La période d'une oscillation de la balance de gravitation est d'env. 10 min.

- Enregistrement

Soit

- enregistreur *yt* (par ex. 575 702) à la sortie analogique ④

Plages de mesure: 3 V
1 ... 5 mm/min.

ou

- *Branchement de l'ordinateur à la sortie RS 232* ⑤

Il y a dans le micro-ordinateur de commande du détecteur de positionnement des parties de programme d'enregistrées par le biais desquelles il est possible de communiquer directement avec un ordinateur. L'appareil est livré avec une disquette pour ordinateur MS-DOS (3 1/2"). Celle-ci comprend une version de démonstration de la «Saisie universelle des données» pour des mesures avec le détecteur de positionnement à infrarouge (avec exemple de mesure et description d'expérience). Remarques sur l'installation dans le fichier README; Windows est nécessaire. Du reste, la disquette comprend des remarques détaillées pour les programmeur, un bref programme de test (sous forme de fichier de texte) ainsi que des outils de programmation pour Turbo Pascal. Une description détaillée des routines implémentées dans le détecteur de positionnement à infrarouge et des codes d'instructions correspondants permet aux personnes compétentes de programmer aussi d'autres ordinateurs (par ex. Apple-Macintosh). Tous les fichiers de textes sont des fichiers ASCII non formatés.

3.2 Procédés de mesure avec exemples de mesure

Il y a deux façons d'exploiter les résultats de mesure avec la balance de gravitation, la méthode de la pleine déviation et la méthode d'accélération.

Le relevé et l'exploitation des valeurs mesurées ont été réalisés avec le logiciel «Détecteur de positionnement à infrarouge» livré avec la version de démonstration de «Saisie universelle des valeurs mesurées».

la balanza de gravitación lentamente para que la placa frontal sea cubierta por la imagen del espejo de los LED brillantes. Si la imagen se encuentra por encima o por debajo de la ventana de medición, proyectar al centro de la ventana moviendo el IRPD hacia arriba o hacia abajo. Tenga en cuenta que la cadena de transistores se encuentra en el plano que está cubierto por el espejo de otro modo algunos de los fototransistores no serán efectivos. Los LEDs verde y rojo ② sirven para el ajuste fino de la altura y que pueden ser encendidos o apagados en función de la intensidad luminosa de los fototransistores. Esto es:

titileo del LED rojo:	iluminación/el ajuste es suficiente
titileo del LED verde:	iluminación/el ajuste es bueno

bajo la condición de que la hilera de transistores se encuentre en el plano barrido por el espejo.

- Ajuste de la balanza de gravitación

- La balanza de gravitación debe ser ajustada de tal manera que el espejo, cuando está estacionario, en ausencia de fuerza ejercida por las bolas de plomo grandes, ilumina al detector IRPD aproximadamente en la mitad de la ventana. Este ajuste se realiza una sola vez ya que luego del bloqueo de la balanza de gravitación, la posición de reposo se conserva. El período de una oscilación de la balanza de gravitación es de aprox. 10 min.

- Registro

O bien, mediante

- un registrador *yt* (por ej. 575 702) conectado a la salida analógica ④

Rangos de medición: 3 V
1 ... 5 mm/min.

o bien mediante la

- conexión a un ordenador conectado *a la salida RS 232* ⑤

En el microcontrolador del IRPD están almacenados subprogramas, por medio de los cuales es posible la comunicación con un ordenador. Con el aparato viene adjunto un disquete para un ordenador MS-DOS (3 1/2"). Este disquete contiene una versión demostrativa del programa de "Adquisición universal de datos" para mediciones con el detector de posición infrarrojo (con ejemplos de medición y descripción de experimentos). En el archivo README se encuentran algunas indicaciones para la instalación; se requiere la superficie Windows. Además el disquete contiene indicaciones detalladas para programadores, un programa de prueba corto (como archivo de texto), así como herramientas de programación para Turbo Pascal. La descripción detallada de las rutinas implementadas en el detector IRPD y los códigos-comandos respectivos posibilita la programación en otros ordenadores (por ej. Apple-Macintosh). Todos los archivos de texto no están formateados (archivos ASCII).

3.2 Métodos de medición con ejemplos de medición

Existen dos métodos para la evaluación de los resultados de mediciones con la balanza de gravitación: el método de la deflexión final y el método de la aceleración.

La adquisición y la evaluación de datos se lleva a cabo con el software "IR-Position Detector" incluido en la versión Demo del programa de "Adquisición universal de datos" suministrado.

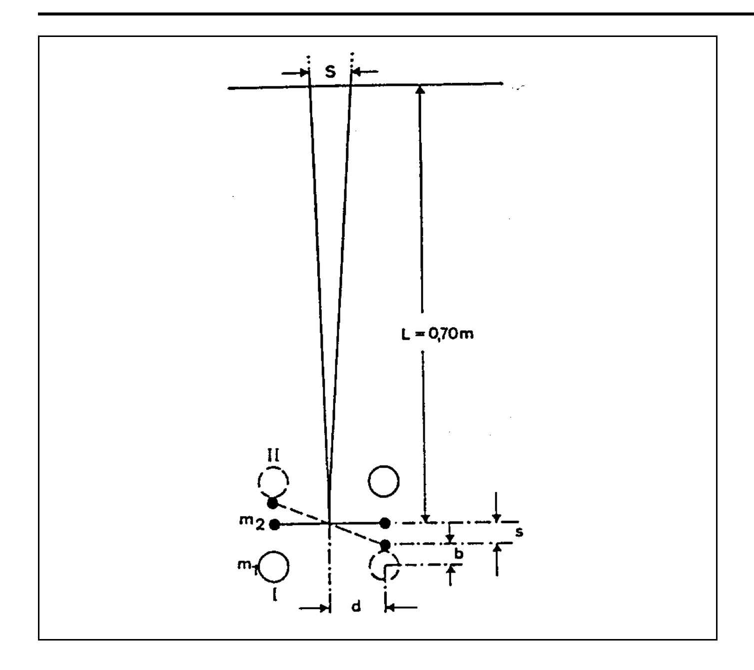


Fig. 2

- ***Méthode de la pleine déviation***

Dans le cas de la méthode de la pleine déviation, il s'agit de l'exploitation des deux positions extrêmes, stables, des deux petites sphères en plomb suspendues lorsque les deux grandes sphères en plomb sont d'abord en position I puis en position II.
On a pour le calcul de la constante de gravitation *f* (dérivation voir bibliographie mentionnée précédemment):

$$f = \frac{\pi^2 \cdot b^2 \cdot d \cdot S}{m_1 \cdot T^2 \cdot L} \qquad \text{Equation (1)}$$

Avec (voir aussi fig. 2):

b = distance entre les centres de masse = 0,047 m
d = distance entre les centres des sphères et l'axe = 0,05 m
m_1 = masse d'une grande sphère = 1,5 kg
T = période d'une oscillation de la balance de gravitation
L = distance entre le miroir (balance de gravitation) et le détecteur de positionnement à infrarouge = 0,70 m
S = distance entre les deux images projetées pour la position extrême en position I et II; mesurée avec le détecteur de positionnement.

- *Exemple de mesure*

La fig. 3 montre un relevé des oscillations amorties de la balance de gravitation et les deux positions extrêmes, stables, correspondantes. L'exploitation donne:

Période d'oscillation T = 624 s

Différence entre les deux positions extrêmes:

S = 23,7 mm

Si on insère ces valeurs dans l'équation (1), on a alors:

$$f = \frac{\pi^2 \cdot 0{,}047^2\ \text{m}^2 \cdot 0{,}05\ \text{m} \cdot 0{,}0237\ \text{m}}{1{,}5\ \text{kg} \cdot 624^2\ \text{s}^2 \cdot 0{,}7\ \text{m}} = 6{,}41 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$$

$$= 6{,}41 \cdot 10^{-11}\ \text{N} \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

- ***Método de la deflexión final***

En el método de la deflexión final se evalúa ambas posiciones finales, estables, de las dos bolas de plomo pequeñas suspendidas, cuando las bolas de plomo grandes se encuentran en la posición I y luego en la posición II.
Para calcular la constante de gravitación *f* se tiene (para deducir la fórmula remítase a la bibliografía mencionada anteriormente):

$$f = \frac{\pi^2 \cdot b^2 \cdot d \cdot S}{m_1 \cdot T^2 \cdot L} \qquad \text{Ecuación (1)}$$

En donde (véase la Fig. 2):

b = Distancia entre los centros de las masas = 0,047 m
d = Distancia entre el centro de la bola al eje = 0,05 m
m_1 = Masa de una bola grande = 1.5 kg
T = Período de una oscilación de la balanza de gravitación
L = Distancia entre el espejo (balanza de gravitación) y el detector IRPD = 0,70 m
S = Distancia entre ambos imágenes del espejo para la posición final en la posición I y II; medido con el detector.

- *Ejemplo de medición*

La Fig. 3 muestra un registro de oscilaciones amortiguadas de la balanza de gravitación, y ambas posiciones finales estables respectivas. Del cálculo se obtiene:

Período T = 624 s

Diferencia entre ambas posiciones finales:

S = 23,7 mm

Al sustituir este valor en la ecuación (1) se obtiene:

$$f = \frac{\pi^2 \cdot 0{,}047^2\ \text{m}^2 \cdot 0{,}05\ \text{m} \cdot 0{,}0237\ \text{m}}{1{,}5\ \text{kg} \cdot 624^2\ \text{s}^2 \cdot 0{,}7\ \text{m}} = 6{,}41 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$$

$$= 6{,}41 \cdot 10^{-11}\ \text{N} \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

- ***Méthode de l'accélération***

Dans le cas de la méthode de l'accélération, on part d'une des deux positions extrêmes I ou II (fig. 2). C'est l'accélération a_0 ressentie par les petites sphères juste après le changement de direction des grandes sphères qui est évaluée. Il est recommandé de procéder à l'évaluation de la distance s durant la première minute.

Pour cette première partie du mouvement, on a:

$$m_2 \cdot a_0 = 2\, f \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{b^2}\ .$$

d'où $f = \dfrac{a_0\, b^2}{2\, m_1}$.

L'accélération a_0 à laquelle sont soumises les masses m_2 est obtenue comme suit à partir de l'accélération a'_0 du reflet de la lumière:

$$a_0 = \frac{d}{2L} \cdot a'_0$$

A cause de S = 1/2 $a_0' t^2$, la comparaison des coefficients donne avec l'équation de la parabole générale

$X = \mathrm{A}\, t^2 + \mathrm{B}\, t + \mathrm{C}$

$a'_0 = 2\,\mathrm{A}$

L'adaptation de la parabole (voir fig. 4) donne

$$\mathrm{A} = 3{,}6\ \frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{min}^2} = 1 \cdot 10^{-6}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$$a'_0 = 2 \cdot 10^{-6}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$$f = \frac{a_0 b^2}{2 m_1} = \mathrm{a}'_0 \cdot \frac{d b^2}{4 m L}$$

$$= 5{,}3 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2} = 5{,}3 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{kg}^2}$$

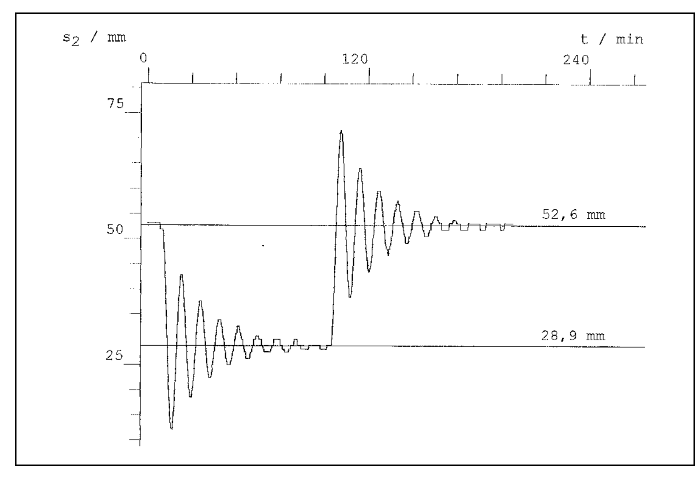


Fig. 3

- ***Método de la aceleración***

En el método de la aceleración se emplea una de las posiciones de reposo I ó II (Fig. 2). Allí se determina la aceleración a_0 que experimentan las bolas pequeñas inmediatamente después de cambiar de posición a las bolas grandes. Se recomienda evaluar el desplazamiento s dentro del primer minuto.

Para la primera fase del movimiento se tiene:

$$m_2 \cdot a_0 = 2\, f \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{b^2}\ .$$

De allí resulta $f = \dfrac{a_0\, b^2}{2\, m_1}$.

La aceleración a_0 que las masas m_2 experimentan se obtiene de la aceleración a'_0 del reflejo de luz como sigue:

$$a_0 = \frac{d}{2L} \cdot a'_0$$

Como S = 1/2 $a_0' t^2$, la comparación de coeficientes con la ecuación general de una parábola

$X = \mathrm{A}\, t^2 + \mathrm{B}\, t + \mathrm{C}$

resulta $a'_0 = 2\,\mathrm{A}$

De la ecuación de la parábola (véase la Fig. 4) se obtiene

$$\mathrm{A} = 3{,}6\ \frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{min}^2} = 1 \cdot 10^{-6}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$$a'_0 = 2 \cdot 10^{-6}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

$$f = \frac{a_0 b^2}{2 m_1} = \mathrm{a}'_0 \cdot \frac{d b^2}{4 m L}$$

$$= 5{,}3 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2} = 5{,}3 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N}\ \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{kg}^2}$$

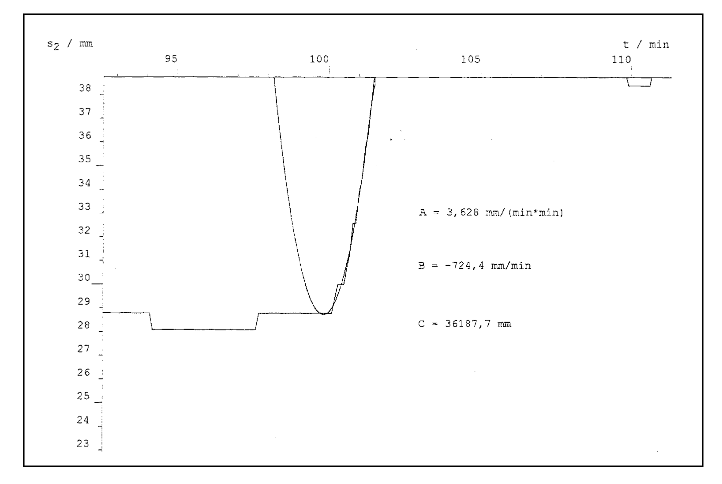


Fig. 4

LEYBOLD DIDACTIC GMBH · Leyboldstrasse 1 · D-50354 Hürth · Phone (02233) 604-0 · Telefax (02233) 604-222 · Telex 17 223 332 LHPCGN D